

УДК 649.74

МЕТОД СБОРА НЕФТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАМАГНИЧЕННЫХ НАНОЧАСТИЦ

Кутергина Д.А.

Научный руководитель профессор Емельянов Р.Т.

Сибирский федеральный университет

Исследователи из Массачусетского технологического института (США), «вдохновлённые» взрывом на платформе Deerwater Horizon и последующим гигантским разливом нефти, создали оригинальный метод сбора нефти: над загрязнением распыляются намагниченные наночастицы железа, после чего образовавшаяся взвесь собирается постоянными магнитами, не требующими электропитания. Изобретатели уверяют, что это позволяет вернуть нефтепереработке 100% разлитой нефти, а собственно технология совсем недорога. Гидрофобные железные наночастицы смешиваются с разлитой по поверхности воды нефтью, после чего мощные магниты собирают последнюю, притягивая железо (а с ним и всю взвесь) посредством высокоградиентной магнитной сепарации. Дальнейшая очистка нефти от многократно используемых наночастиц планируется на борту специального нефтесборного судна. Повторное использование наночастиц не только удешевляет схему, но и ограждает окружающую среду от загрязнения железом. Возможно, новый метод серьёзно упростит и позволит поставить на поток очистку от нефти морских животных.

В разработке используется магнитная сборка Халбаха, особая конфигурация постоянных магнитов, характеризующаяся тем, что магнитное поле, с одной стороны, практически полностью отсутствует (благодаря особому расположению элементов сборки), а с другой — напротив, усилено (примерно вдвое). Эксперименты показали, что нефть с наночастицами притягивалась только к нужной точке магнитной сборки, позволяя упорядочить и упростить её забор. Масштабные полевые испытания новинки назначены на «ближайшее время».

Понятно, что это не единственная свежая разработка, касающаяся эффективного сбора нефти с поверхности воды. Не так давно мы сообщали об израильском проекте по полному забору нефти с поверхности при помощи минеральной ваты. Однако существенным плюсом рассматриваемого метода может стать его скорость, что объясняется применением магнитного механизма сепарации. Впрочем, не обойдётся и без проблем. Так, кажется неизбежной коррозия используемых наночастиц на базе железа (хотя они и гидрофобны). Да и отделение нефти от абсорбента прямо в открытом море (на судне) представляется довольно сложным процессом рядом с той схемой, что пропагандируют адепты абсорбирования минеральной ватой.

Магнитная сборка Халбаха (англ. Halbach-Array) — особая конфигурация постоянных магнитов, характеризующаяся тем, что магнитное поле с одной стороны практически полностью отсутствует благодаря особому расположению элементов сборки.

Повторение последовательности элементов (на передней поверхности вектор намагничивания: влево, вверх, вправо, вниз, влево) воспроизводит описываемый эффект.

Эффект был открыт Маллинсоном (англ. Mallinson) в 1973 году и был назван им удивительным, что, тем не менее, не помешало ему распознать в нём способ потенциального улучшения свойств и качеств записи на магнитную ленту.^[1] В 1980-х годах Клаус Халбах (нем. Klaus Halbach), в то время физик Национальной лаборатории им. Лоуренса (LBNL) разработал магнитную сборку, впоследствии названную его именем и предназначенную для мощного излучения пучком элементарных частиц в ускорителе.^[2]

Распределение магнитного поля может быть представлено при помощи чертежей Маллинсона. Чертежи показывают магнитное поле, вызванное полоской поверхностью ферромагнитного материала с переменным вектором намагничивания по координате y (верхний левый чертёж) и по координате x (верхний правый чертёж). Обратите внимание на то, что поле в верхней полуплоскости обоих чертежей имеет одинаковую направленность, в то время как в нижней полуплоскости — противоположную. В

результате суперпозиции магнитных полей двух структур получается структура, магнитное поле которой изображённо на рисунке:

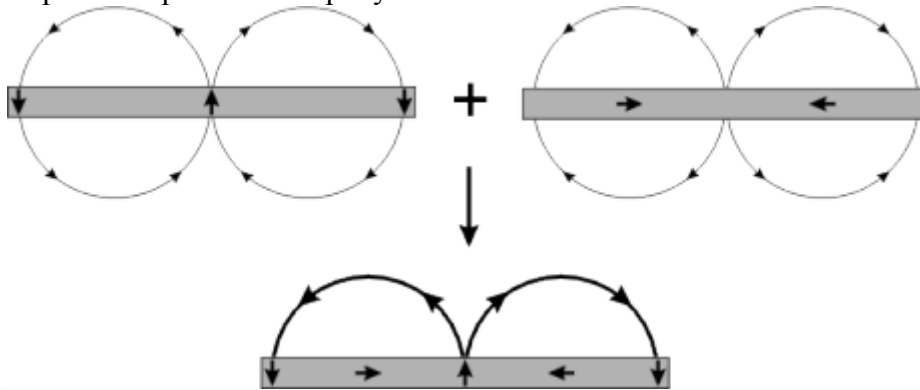


Рисунок - Поле вокруг отдельных элементов сборки

Основной смысл сборки заключается в том, что компенсация магнитного потока снизу сборки приводит к его усилению сверху. В принципе, любая сборка, в которой компоненты намагничены с поворотом фазы $\pi/2$ приводит к усилению магнитного потока с одной стороны сборки. Математические преобразования, в которых сдвиг фазы всех компонентов относительно друг друга составляет $\pi/2$ называется преобразованием Гильберта. Таким образом, вектор намагниченности компонентов должен составлять пары в преобразовании Гильберта (простейший случай — функции $\sin(x)$ $\cos(y)$), как это показано на рисунке выше).

Можно выделить два основных преимущества в одностороннем магнитном потоке:

- Наверху сборки магнитный поток в два раза интенсивнее (в идеальном случае);
- Внизу магнитной сборки магнитный поток отсутствует (опять же в идеальном случае, при условии сборки бесконечной длины), а это серьёзно упрощает разработку систем.

Магнитная сборка Халбаха может быть легко «развёрнута» в цилиндр Халбаха.

Поле сверху бесконечно длинной сборки может быть записано функцией вида:^[3]

$$F(x, y) = F_0 e^{i\lambda x} e^{-\lambda y},$$

где

$F(x, y)$ — функция поля, вида $F_x + F_y i$

F_0 — амплитуда поля на поверхности сборки

λ — пространственная частота

Ферромагнетики — вещества (как правило, в твёрдом кристаллическом или аморфном состоянии), в которых ниже определённой критической температуры (точки Кюри) устанавливается дальний ферромагнитный порядок магнитных моментов атомов или ионов (в неметаллических кристаллах) или моментов коллективизированных электронов (в металлических кристаллах). Иными словами, ферромагнетик — такое вещество, которое, при температуре ниже точки Кюри, способно обладать намагничённостью в отсутствие внешнего магнитного поля.

Свойства ферромагнетиков:

- Магнитная восприимчивость ферромагнетиков положительна и значительно больше единицы.
- При не слишком высоких температурах ферромагнетики обладают самопроизвольной (спонтанной) намагничённостью, которая сильно изменяется под влиянием внешних воздействий.
- Для ферромагнетиков характерно явление гистерезиса.

- Ферромагнетики притягиваются магнитом.

Среди химических элементов ферромагнитными свойствами обладают переходные элементы Fe, Co и Ni (3 *d*-металлы) и редкоземельные металлы Gd, Tb, Dy, Ho, Er

J_{s0} — величина намагниченности единицы объёма при абсолютном нуле температуры, называемая спонтанной намагниченностью. T_c — критическая температура, выше которой ферромагнитные свойства исчезают, и вещество становится парамагнетиком, называемая точкой Кюри.

Для 3d-металлов и Gd характерна коллинеарная ферромагнитная атомная структура, а для остальных редкоземельных ферромагнетиков — неколлинеарная (спиральная и др.; см. Магнитная структура).

Ферромагнитны также многочисленные металлические бинарные и более сложные (многокомпонентные) сплавы и соединения упомянутых металлов между собой и с другими неферромагнитными элементами, сплавы и соединения Cr и Mn с неферромагнитными элементами (так называемые Гейслеровы сплавы), соединения $ZrZn_2$ и $Zr_xM_{1-x}Zn_2$ (где M — это Ti, Y, Nb или Hf), Au_4V , Sc_3In и др. (Таблица 2), а также некоторые соединения металлов группы актиноидов (например, UH₃).